

VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
KATEDRA VÝROBNÍCH STROJŮ A KONSTRUOVÁNÍ

Návrh lisu pro lepení třecího obložení

Design of the Press for adhesive banging of
frictional casin

Student:

David Chlebus

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Kolesár

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student: **David Chlebus**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**
Specializace: **20 Výrobní stroje a zařízení**
Téma: **Návrh lisu pro lepení třecího obložení**
Design of the Press for Adhesive Banging of Frictional Casin

Zásady pro vypracování:

Na základě technických a provozních parametrů navrhnete konstrukční řešení lisu pro lepení třecího obložení na stojiny tyče. Lepená tyč slouží k udusávání mletého uhlí do komory výtlačného a pýchovacího stroje na provozu koksovny.

Technické parametry:

Profil tyče: I 220

Délka tyče: 5 m

Obsah bakalářské práce:

1. Analýza a řešení dané problematiky.
2. Konstrukční návrh zařízení lisu.
3. Výpočet provozního zatížení.
4. Konstrukční úpravy na základě výpočtu.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KAMELANDER, I. *Tvářecí stroje I*. Vysoké učení technické v Brně, Brno 1989, 206 stran., ISBN 80-214-1037-X.
- [2] KUBA, F. *Pružnost a pevnost*. Vysoká škola báňská Ostrava, Ostrava 1990.
- [3] HÝSEK, R. *Tvářecí stroje*. Praha : SNTL, 1980. sig.: 89
- [4] RUDOLF, B., KOPECKÝ, M. *Tvářecí stroje : Základy výpočtů a konstrukce*. Praha: SNTL; Alfa, 1982.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Kolesár**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....
Jméno studenta

Adresa studenta: Ostravská 70
737 01 Český Těšín
Česká republika

Anotace bakalářské práce

Chlebus D. návrh lisu pro lepení třecího obložení. VŠB – TU Ostrava, 2008. Bakalářská práce, vedoucí: Kolesár M. Katedra výrobních strojů a konstruování – 340, 43 str.

Bakalářská práce se zabývá vypracováním návrhu lisu pro lepení třecího obložení na stojinu pēchovací tyče. Tato tyč se používá v provozu koksovny pro pēchování uhelného hranolu, jež je následně vsunut do koksovací komory a tam přeměněn v koks. V úvodu je popsán provoz koksovny, následuje stat' o funkci pēchovacího zařízení a využití pēchovací tyče. Pēchování je vykonáváno opakovaným výhozem pēchovací tyče, jež je po stranách opatřena třecím obložení pro snadné uchopení v excentrech. Na základě dřívějších zkušeností je tedy vypracován návrh lisu a proveden výpočet provozního zatížení.

Bachelor Work Annotation

Mr. Chlebus D. Design of the Press for adhesive banging of frictional casin. VSB – TU Ostrava, 2008. Bachelor Work, person in charge: Mr. Kolesar M. Department of production machines and design – 340, 43 p. (page)

This work is engaged in the elaboration of a press design for frictional lining affixation on the stamping rod web. The rod is used at the cokery operation for stamping of the coal prism, which is subsequently inserted into the coking chamber and there is transformed in coke. In the introduction is described the cokery operation, than follows a treatise referring to the function of the stamping machinery and stamping rod utilization. The stamping is performed by a repeated stroke of the stamping rod, which is on the flanks (sides) equipped with frictional lining for easy grasping in eccentric. Based on the previous experience here-by is worked out the design of the press and performed the calculation of the operational burden.

Obsah

Použité značení a symboly.....	7
1. Úvod.....	10
2. Funkce a popis přechování	12
3. Přechovací tyč.....	14
3.1 Popis přechovací tyče	14
3.2 Obložení přechovací tyče.....	15
4. Lepicí lis obložení přechovacích tyčí.....	16
4.1 Funkce lepicího zařízení	16
4.1.1 Stávající lepicí zařízení.....	16
4.2 Vyvolání přitlačné síly	17
4.3 Topení lepicího lisu.....	21
4.4 Konstrukce lepicího lisu	23
4.4.1 Nohy	23
4.4.2 Nosníky.....	31
4.4.3 Vedení funkčních nosníků	33
4.4.4 Závěsná oka hydraulických válců	34
4.4.5 Čep uchycení válců	37
4.4.6 Příslušenství konstrukce	39
5. Bezpečnost a ekologie.....	40
6. Závěr.....	42
7. Použitá literatura	43
8. Seznam příloh.....	43

Použité značení a symboly

Název veličiny	Označení	Rozměr
Tloušťka závěsného oka	a	[mm]
Šířka oka hydraulického válce	b	[mm]
Výška k otvoru horního oka	b_1	[mm]
Výška k otvoru spodního oka	b_2	[mm]
Mezera mezi závěsným okem a okem válce	c	[mm]
Vnitřní průměr vertikálních válců	d_1	[mm]
Vnitřní průměr horizontálních válců	d_2	[mm]
Průměr čepu	$d_{\check{c}1}$	[mm]
Průměr otvoru oka	d_{ot}	[mm]
Průměr pístnice vertikálního válce	d_{p1}	[mm]
Průměr pístnice horizontálního válce	d_{p2}	[mm]
Skutečná přitlačná síla jednoho válce	F_1	[N]
Celková síla do spodní podpěry nohy	F_{cn}	[N]
Přídavná síla do spodní podpěry nohy	F_n	[N]
Třecí síla	F_T	[N]
Přitlačná síla	$F_{př}$	[N]
Tíhové zrychlení	g	[m.s ⁻²]
Velikost základny oka	h	[mm]
Koeficient bezpečnosti pro hydrauliku	k	[-]
Koeficient bezpečnosti – zatížení nohy	k_n	[-]
Délka topné tyče	L	[mm]
Délka kabelů topné tyče	L_1	[mm]
Maximální ohybový moment	M_{omax}	[N.mm]
Hmotnost	m	[kg]
Přídavná hmotnost nosníků na jednu nohu	m_p	[kg]

Teoretická hmotnost pěchovací tyče	m_{pt}	[kg]
Teoretická hmotnost spodního nosníku	m_s	[kg]
Teoretická hmotnost středního nosníku	m_{st}	[kg]
Normálová síla	N	[N]
Délka netopné části topné tyče	N_1	[mm]
Počet vertikálních hydraulických válců	n	[-]
Příkon topné tyče	P	[W]
Měrný tlak	p	[MPa]
Potřebný teoretický tlak v hydraulickém okruhu	p_1	[MPa]
Potřebný tlak v hydraulickém okruhu	p_{1skut}	[MPa]
Maximální dovolený tlak v hydraulickém válci	p_{1max}	[MPa]
Potřebný tlak hydr. okruhu vyvinutý k sunutí spodního nosníku	p_2	[MPa]
Maximální dovolený tlak	p_{2max}	[MPa]
Tlak v čepu	$p_{\check{c}}$	[MPa]
Tlak v závěsném oku	p_{ok}	[MPa]
Zkušební tlak	p_{zk}	[MPa]
Mez kluzu	R_e	[MPa]
Mez pevnosti	R_m	[MPa]
Plocha vertikálních válců	S_1	[mm ²]
Plocha obložení	S_{obl}	[mm ²]
Plocha otvoru oka pro otláčení	S_{ok}	[mm ²]
Teplota	t	[°C]
Doba lepení	t_1	[hod]
Doba chladnutí	t_2	[hod]
Tloušťka plechu	t_{pl}	[mm]
Napětí	U	[V]
Maximální rychlost vysouvání	v	[m.s ⁻¹]
Průřezový modul v ohybu	W_o	[mm ³]

Zdvih vertikálních válců	z_1	[mm]
Zdvih horizontálních válců	z_2	[mm]
Součinitel smykového tření	μ	[-]
Dovolené statické napětí v tlaku	σ_{dovD}	[MPa]
Maximální ekvivalentní napětí	$\sigma_{\text{ekv max}}$	[MPa]
Napětí v ohybu	σ_o	[MPa]
Dovolené statické napětí v ohybu	σ_{os}	[MPa]
Dovolené statické napětí ve smyku	τ_D	[MPa]
Napětí ve smyku	τ_s	[MPa]

1. Úvod

Lepicí lis třecího obložení pěchovacích tyčí je jednoúčelové zařízení, které je přizpůsobeno výhradně k lepení obložení na stojiny válcované tyče profilu I. Tato tyč je využívána pro pěchování mletého uhlí, aby se následně z upěchovaného uhelného hranolu stal hranol koksový. Tyč se tedy využívá v provozu koksovny konkrétně v části koksových baterií.

Celý provoz koksovny je tedy účelem zaměřen na přeměnu uhlí v koks. Jednoduše bychom mohli provoz rozdělit do tří částí. V první části, kterou bychom mohli nazvat uhelná služba, dochází k mletí přivezeného černého uhlí. Ve druhé části, už dříve odborně pojmenovanou koksová baterie (obr. 1.1), se uskutečňuje přeměna uhlí na koks, a třetí část, které říkáme chemická, slouží ke zpracování odpadu vzniklého koksováním uhlí.



Obr. 1.1 Pohled na koksovou baterii

Koksová baterie se skládá z několika, nejběžněji několika desítek úzkých komor. Mezi komorami je topný prostor. Komora je průchozí, opatřena dveřmi na vstupní i výstupní straně, je zhruba třináct metrů dlouhá, tři a půl metru vysoká a

široká bezmála čtyřicet centimetrů. Upěchovaný uhelný hranol se vtlačí do komory, tam je ponechán po určitou dobu a vlivem teplot bez přístupu vzduchu se z něj uvolňují nežádoucí složky, nečistoty.

Po procesu koksování je hranol vytlačen dveřmi na koksové straně baterie (výstupní strana) a ze strojové strany (vstupní strana) je vtlačen nový upěchovaný hranol, který je už dříve připraven. Podél těchto, vedle sebe seřazených komor, pojíždí kolejové vozy. Na koksové straně, skrz vodící vůz, přepadává výsledný produkt - koks do hasicího vozu, na kterém je následně prudce ochlazen vodou. Na strojové straně baterie pojíždí tzv. výtlačný a pěchovací stroj (obr. 1.2). Do tohoto mohutného kolejového vozu je seshora sypáno mleté uhlí. Vůz je opatřen zásobníky na uhlí. Ve vozu dochází ke tvorbě hranolu. Tento hranol je následně vtlačen do jedné z komor koksové baterie [1].



Obr. 1.2 Výtlačný a pěchovací stroj

2. Funkce a popis pěchování

Pěchování, jak už bylo popsáno výše, se uskutečňuje ve výtlačném a pěchovacím stroji. Tento proces nazýváme takto proto, že jde o zhutnění, lépe řečeno, napěchování mletého uhlí v uzavřené komoře pěchovacího stroje. Tato komora má tvar a objem stejný jako koksovací komora. Mleté uhlí je seshora přiváděno do prostoru komory, kde je údery pěchovací tyče uhlí udusáváno.



Obr. 2.1 Pohled na konce pěchovacích tyčí a komoru pěchování

Konec pěchovací tyče je opatřen hrubou, šrouby uchycenou pásnicí (obr. 2.1). Ta tvoří jakousi údernou plochu pěchovací tyče. Aby se celé zařízení dalo do pohybu a proces udusávání mletého uhlí mohl začít, je nutno nechat tuto tyč opakovaně samovolně padat na nasypáný materiál, aby dopadem své vlastní váhy uhlí zhutnila.

Vyhazování a následné spouštění tyče se děje pomocí rotujících vaček nebo excentrů, ty jsou uloženy na hnací hřídeli (obr. 2.2). Tyč je sevřena mezi dvě vačky, které otáčením zvedají pěchovací tyč. V okamžiku pootočení vačky do polohy, kdy nedosahuje sevření, tyč vypadává a samovolně padá na nasypané

uhlí. Tento proces probíhá opakovaně až do zhutnění celé uhelné vsázky v prostoru komory. Počet kladiv na jednu komoru bývá různý podle délky komory koksové baterie. Takto připravený a udusaný uhelný hranol čeká v pěchovací komoře. Jakmile je jedna koksovací komora (jakákoliv ze zmíněných několika desítek až sta) připravena, tzn. že uhlí v ní zpracovávané je již přeměněno na koks, dojede výtlačný a pěchovací stroj před tuto komoru. Jakmile obsluha kolejového vozu otevře dveře komory, vytlačí přeměněný koks ven a vtlačí další nově upěchovaný hranol do komory.

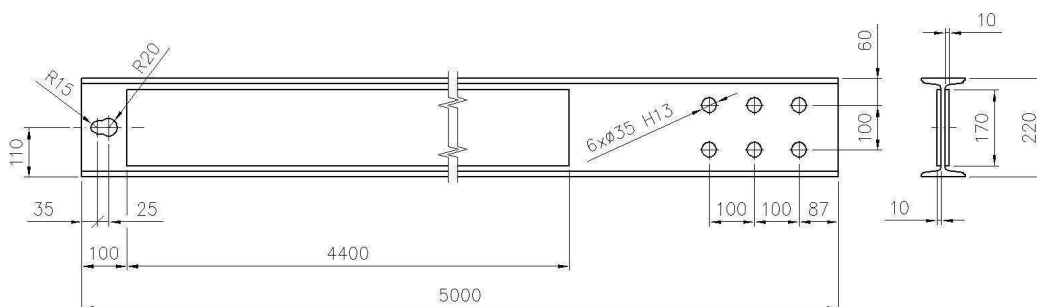


Obr. 2.2 Uložení vačkového hřídele podél seřazených tyčí

3. Pěchovací tyč

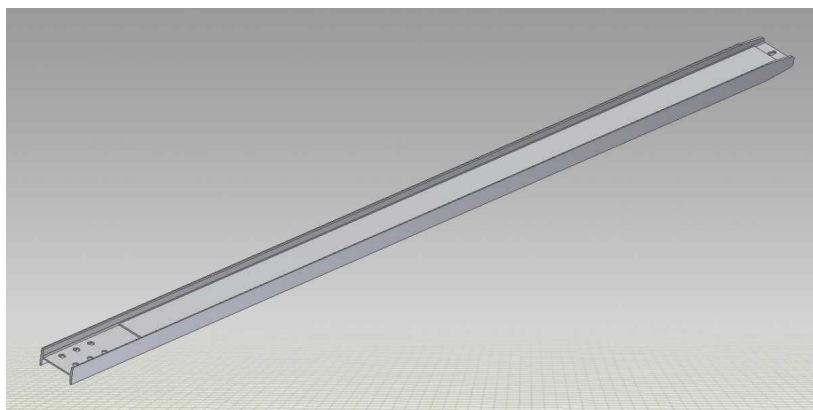
3.1 Popis pěchovací tyče

Pěchovací tyč se skládá z tyče profilu I 220, jejíž délka je přizpůsobena rozměru výšky pěchovací komory, resp. koksovací komory. V našem případě je délka tyče 5m (obr. 3.1). Na konci tyče je šrouby přichyceno tzv. kladivo. Účelem kladiva je přenést těžiště tyče na její konec a zvýšit hmotnost tyče. Materiál tyče je uhlíková ocel třídy 11 dle ČSN. Je to běžná válcovaná jakost tohoto profilu a konkrétně se jedná o ocel 11 373. Požadavky na přesnost tyčí a úchytky tvaru tyče jsou běžné a není určen zvláštní požadavek. Tyče jsou válcovány podle normy ČSN 42 5550.



Obr. 3.1 Pěchovací tyč - skutečné rozměry

Jeden konec tyče je opatřen otvorem, který slouží pro snadnější manipulaci s tyčí. Před samotným lepením obložení nebo po jeho přilepení je možno tento otvor využít pro zavěšení háku jeřábu nebo pro svislou manipulaci v provozu. Druhý konec tyče je opatřen otvory pro šrouby kladiva (obr. 3.2).



Obr. 3.2 Model pěchovací tyče s třecím obložním bez kladiva

3.2 Obložení pěchovací tyče

Tabulka 3.1 Technické parametry tyče a obložení:

Profil tyče	I 220	ČSN 42 5550	Délka= 5000mm
Třecí obložení-rozměry	Délka= 4400mm	Šířka= 170mm	Tloušťka=10mm
Typ obložení	Cosid 101	Jurid 129	Flertex 601
Použité lepidlo	Araldite AW106		
Použité tvrdidlo	Hardener 953 U		

V tabulce 3.1 jsou uvedeny technické parametry obložení a tyče. Obložení tyče je vyrobeno z materiálu Cosid 101, Jurid 129, nebo Flertex 601. Tyto materiály se vyznačují vysokým součinitelem tření. Lepidlo použité pro spojení tyče s obložím je dvousložkové, jedná se o tvrdidlo Hardener 953 U a lepidlo Araldite AW106. Míchají se v poměru 1:1. Následně se nanáší v jemné vrstvě na povrch dobře očištěné a odmaštěné stojiny tyče z obou jejích stran (obr. 3.3).



Obr. 3.3 Z povrchu tyče se odstraňují zbytky lepidla před lepením

4. Lepicí lis obložení pěchovacích tyčí

4.1 Funkce lepicího zařízení

Lepení třecího obložení na stojiny tyče se uskutečňuje za přítomnosti tlaku a teploty. Potřebný měrný tlak na povrch spojovaných dílů je 0,65 až 0,75 MPa. Teplota pro lepení je od 25°C do 100°C. Doba lepení je závislá dle zvolené teploty. Pro lepení se nedoporučuje zvyšování teploty nad rámec povolené regulace, mohlo by dojít k výrazné deformaci nosníků. Přítlak na stojinu tyče trvá do ochlazení pěchovací tyče. Příklad lepení je uveden v tabulce 4.1

Tabulka 4.1 Příklad lepení:

Teplota t [°C]	Měrný tlak p [MPa]	Doba lepení t_1 [hod]	Doba chladnutí t_2 [hod]
100	0,75	1,5	12

4.1.1 Stávající lepicí zařízení

Toto zařízení vyvozuje přítlak pomocí hydraulických válců. Ohřev je způsobován topnými tělesy, která jsou v konstrukci přítlačných nosníků. Konstrukce je svařená, převážně z pásnic tloušťky 8 a 10mm do nosníku tvaru H, ty tvoří rám, jež se skládá z nepohyblivých noh, horního podélného nosníku, který nohy v horní části spojuje, středního pohyblivého nosníku, který je zavěšený na hydraulických válcích, a spodního výsuvného nosníku, který je položen na nohy konstrukce.



Obr. 4.1 Stávající zařízení pro lepení pěchovacích tyčí

Stávající zařízení je 25 let staré, už vysloužilé (obr. 4.1). Majitel zařízení nechce zařízení opravovat, popř. renovovat, ale přeje si vyrobit zařízení zcela nové. Protože byl ale se stávajícím zařízením po dobu jeho provozování spokojen, přeje si nové zařízení zhotovit dle stávajícího vzoru. Původní výrobce již neexistuje. Budu tedy navrhovat konstrukci lepicího lisu dle stávajícího zařízení.

4.2 Vyvolání přitlačné síly

Přítlačná síla bude vyvozována pomocí hydraulických válců. Ty jsou spojeny oky s konstrukcí a středním nosníkem. Hydraulický pohon bude umístěn přímo na konstrukci lepicího lisu. Rovněž vysuv spodního nosníku bude vyvolán hydraulickými válci. Vzhledem k délce pěchovací tyče a rovnoměrnému rozložení síly volím pro přitlak šest vertikálních válců. Jejich zdvih je stanoven s ohledem na konstrukci a činí 150mm. Vysuv horizontálních válců bude prováděn dvěma horizontálně uloženými válci, jejichž zdvih je 250mm, průměr oka je 30mm a 40mm. Kromě konstrukce lisu budu navrhovat i válce pro vyvolání přitlačné síly a posuv spodního nosníku.

Výpočet parametrů pro přitlak lisu a navržení vertikálních válců:

Plocha obložení:

$$S_{obl} = a \times b = 170 \times 4400 = 748\,000 \text{ mm}^2 \quad (4.1)$$

Přítlačná síla:

$$F_{př} = p \times S_{obl} = 0,75 \times 748\,000 = 561\,000 \text{ N} \quad (4.2)$$

Potřebný teoretický tlak v hydraulickém okruhu vyvolaný hydraulickým agregátem *(Po přeměření válců stávajícího stroje volím průměr válců 90mm. Na stroji budou použity šestkrát):*

$$p_1 = \frac{F_{př}}{S_1 \times n_1} = \frac{561\,000}{\frac{\pi \times 90^2}{4} \times 6} = 14,7 \text{ MPa} \quad (4.3)$$

Potřebný tlak v hydraulickém okruhu *(Navýšený o hodnotu bezpečnostního koeficientu, který volím s ohledem na ztráty v hydraulickém okruhu a stárnutí stroje $k=1,2$):*

$$p_{1sk} = k \times p_1 = 1,2 \times 15,68 = 17,64 \text{ MPa} \quad (4.4)$$

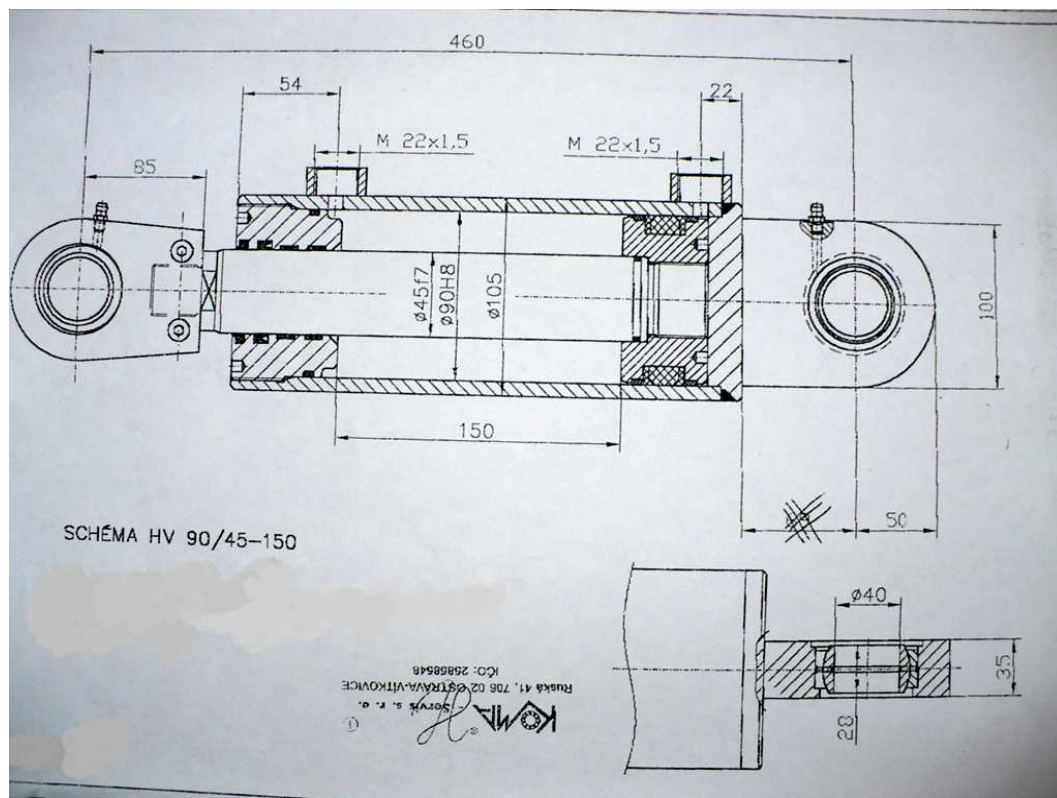
Skutečná přítlačná síla jednoho válce:

$$F_1 = p_{1sk} \times S_1 = 17,64 \times \frac{\pi \times 90^2}{4} = 112\,220,83 \text{ N} \quad (4.5)$$

Byly zvoleny hydraulické válce Fy KOMA (která bude dodávat i zbytek hydraulického zařízení stroje) série ZH2. Tyto válce jsou určené pro středně těžké až těžké provozní podmínky. Technické parametry vertikálních hydraulických válců jsou uvedeny v tabulce 4.2 a znázorněny na obrázku 4.2, ty jsou převzaty z [6].

Tabulka 4.2 Technické parametry vertikálních hydraulických válců

Vnitřní průměr válce d_1 [mm]	Průměr pístnice d_{p1} [mm]	Zdvih z_1 [mm]	Maximální dovolený tlak p_{1max} [MPa]	Zkušební tlak p_{zk} [MPa]	Maximální rychlost vysouvání v [m/s]
90	45	150	25	$1,25 \times p_{max}$	0,5



Obr. 4.2 Vertikální válec

Výpočet síly pro překonání tření a navržení horizontálních válců:

Teoretická hmotnost spodního nosníku: HEB180-5metrů + příslušenství

$m_s = 320 \text{ kg}$

Hmotnost přechovací tyče s obložením: $m_{pt} = 169 \text{ kg}$

Součinitel smykového tření ocel – ocel z klidu $\mu = 0,2$ (suché tření)

Třecí síla potřebná pro překonání odporu, převzato z [2]:

$$F_t = N \times \mu = (m_s + m_{pt}) \times g \times \mu$$

$$F_t = (320 + 169) \times 9,81 \times 0,2 = 959,4 \text{ N} \quad (4.6)$$

Potřebný tlak hydraulického agregátu vyvinutý k sunutí spodního nosníku (Po přeměření válců stávajícího stroje volíme průměr válců 50mm. Na stroji budou použity dvakrát):

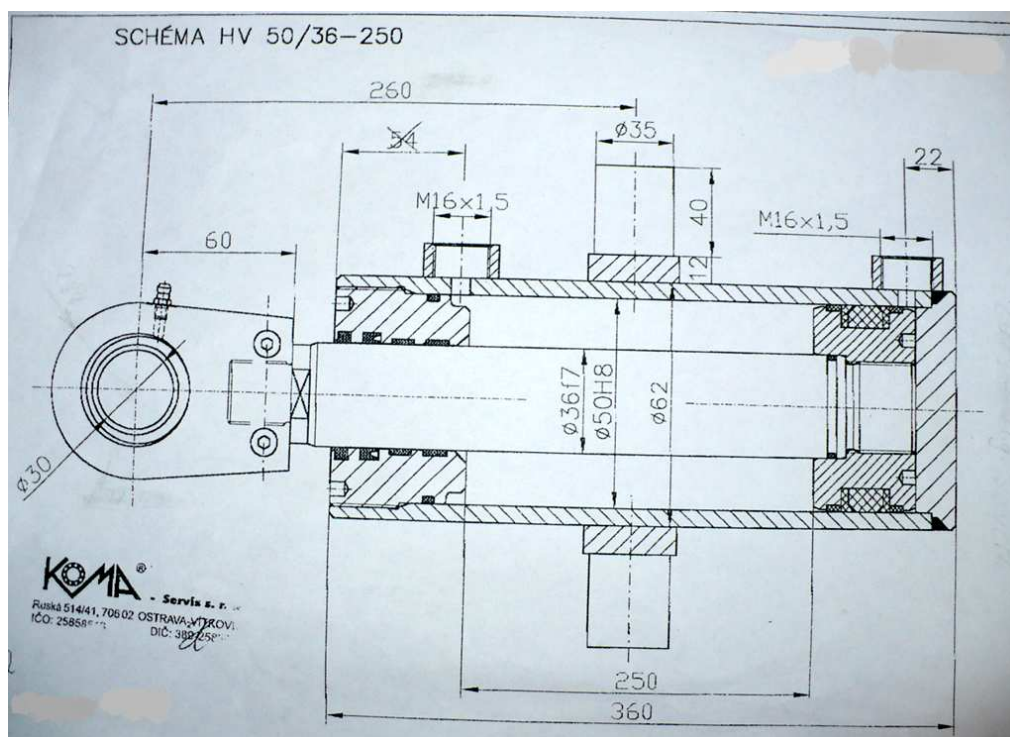
$$p_2 = \frac{F_t}{2 \times S_2} = \frac{959,4}{2 \times \frac{\pi \times 50^2}{4}} = 0,24 \text{ MPa} \quad (4.7)$$

Sunutí spodního nosníku je prováděno stejným hydraulickým agregátem, který vyvíjí přitlačnou sílu, pro posuv spodního nosníku je předimenzovaný. Je ale výhodnější použít jeden agregát pro posuv i pojezd.

Byly zvoleny válce stejného výrobce - fa KOMA, nižší série než vertikální válce, jedná se o válce série ZH1. Technické parametry horizontálních hydraulických válců jsou uvedeny v tabulce 4.3 a znázorněny na obrázku 4.3, ty jsou převzaty z [6].

Tabulka 4.3 Technické parametry horizontálních hydraulických válců

Vnitřní průměr válce d_2 [mm]	Průměr pístnice d_{p2} [mm]	Zdvih z_2 [mm]	Maximální dovolený tlak p_{2max} [MPa]	Zkušební tlak p_{zk} [MPa]	Maximální rychlost vysouvání v [m/s]
50	36	250	10	$1,25 \times p_{max}$	0,5



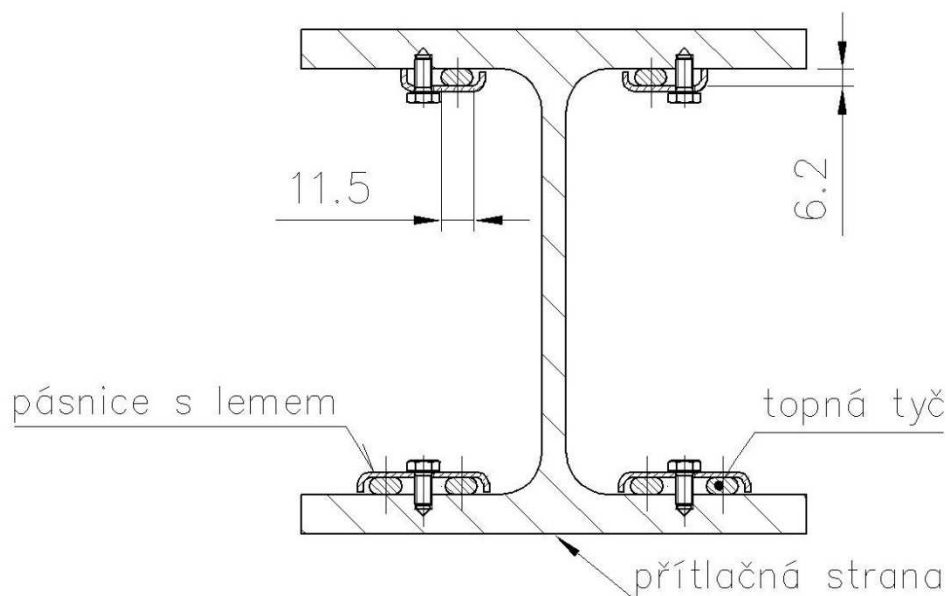
Obr. 4.3 Horizontální válec

Hydraulický agregát:

Je uložen na konstrukci lepicího lisu ze zadní strany. Skládá se z nádrže tlakového oleje, elektromotoru, pružné spojky, zubového hydrogenerátoru, ohříváče a příslušenství. Dodává do válců olej pod tlakem max. 17,6MPa a pokud



Zahřívání lepící tyče a tvrzení lepidla je prováděno pomocí topných těles (tyčí) určených pro kontaktní ohřev, které jsou uloženy v přítlačném, tj. středním a spodním nosníku. Ty jsou k nosníku přichyceny šrouby na pásnicích s lemy. Specifikaci tyčí provedl objednavatel zařízení. Délka tyčí je 2250mm. Jsou uloženy v nosníku proti sobě. Výkon jedné topné tyče je 2500W. Plášť tyče je vyroben z nerezavějící oceli.

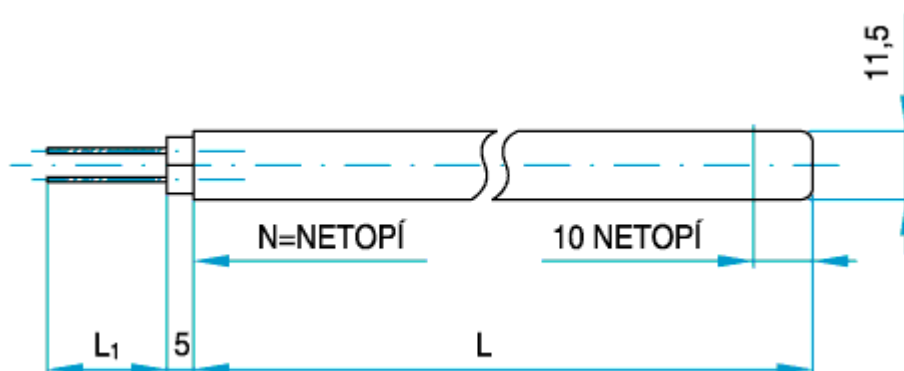


Obr. 4.5 Uložení topných tyčí v nosníku lepení

Technické parametry topné tyče jsou uvedeny v tabulce 4.4. Uložení topné tyče je znázorněno na obrázku 4.5. Topná tyč je na obrázku 4.6, který je převzat z [7].

Tabulka 4.4 Technické parametry topné tyče:

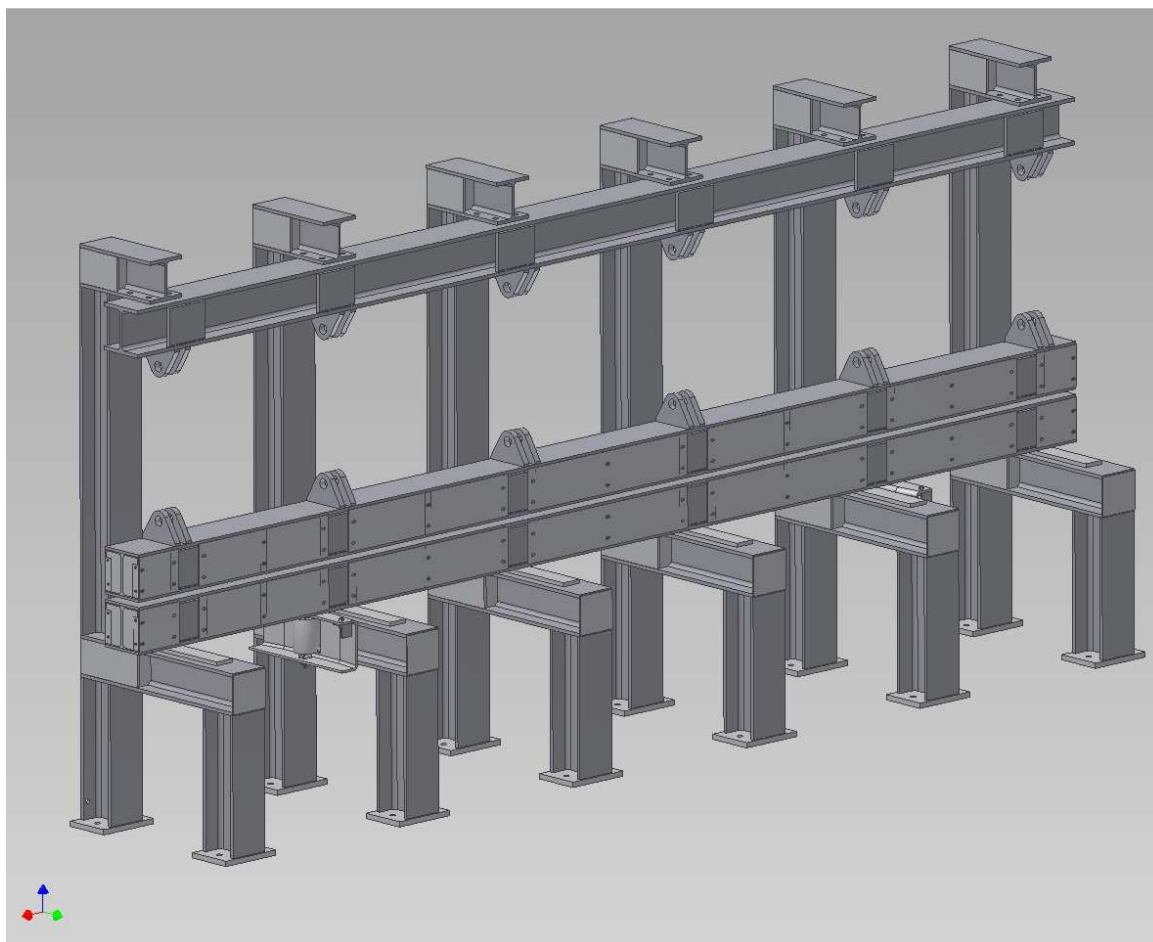
Napětí U [V]	Příkon tyče P [W]	Délka tyče L [mm]	Délka kabelů L_1 [mm]	Délka netopné části N_1 [mm]
230	2500	2250	300	40



Obr. 4.6 Topná tyč určená pro kontaktní ohřev a ohřev vzduchu

4.4 Konstrukce lepícího lisu

Konstrukce lisu je sestavena z profilů HEB 160 a HEB 180, označení dle německé DIN normy je IPB 160 a IPB 180 DIN 1025-2. Nohy podpírající lis jsou z profilu HEB 160, tři příčné nosníky konstrukce jsou z profilu HEB 180. Předběžný návrh konstrukce je na obrázku 4.7.



Obr. 4.7 Konstrukce lepícího lisu

4.4.1 Nohy

Nohy, lépe řečeno stojany konstrukce (mají tvar malého písmene h), zaujímají nosný prvek a pohlcují účinky tlakové síly vyvolané hydraulickými válci. Konstrukce nohy je kritickým místem lepičky. Jsou pevně přichyceny k podložce. K hornímu příčnému nosníku nohy je vždy čtyřmi šrouby přichycen podélný horní nosník. Noha je opatřena posuvnými loži pro sunutí nosníku. Na konstrukci je použito šest obdobných noh, vzdálenost mezi nimi je vždy shodná. Výchozí

materiál použitý na výrobu profilů je běžné konstrukční jakosti, bude upřesněn výpočtem.

Řešení statického zatížení nohy pomocí metody konečných prvků:

Zvolil jsem pro řešení této úlohy numerický výpočet metodu konečných prvků. Analytickou metodou by nebylo možné dosáhnout tak konkrétních výsledků a bylo by to mnohem pracnější.

V základu použití této metody je nutné rozdělit těleso, v našem případě zkoumanou nohu, na malé prvky jednoduchého, mnohdy stejného tvaru. Tímto rozdělením se výpočet zjednoduší. Pro výpočet je nutné správně zadat okrajové podmínky. Úlohu můžeme řešit v oblasti posuvů a výsledkem pak budou celkové deformace nohy, nebo v oblasti napětí.

Pro výpočet bude použit program Pro/ENGINEER. Ten je kromě analýzy statiky využitelný taky pro analýzu vlastní frekvence, dynamiky, vzpěrné stability apod.

Na tuto analýzu se vztahují předpoklady chování:

- nezávislost na teplotě u všech vlastností (konstantní chování)
- v rámci objemu součásti se vlastnosti nemění (homogenita)
- deformace je přímo úměrná napětí
- ve všech směrech jsou vlastnosti identické (izotropní chování)

Zadání:

- Skutečná přítláčná síla jednoho válce $F_1=112\,220,83\text{ N}$
- Přídavná hmotnost nosníků, projevující se v zatížení do spodní části nohy

$$m_p = \frac{1}{6} \times m_s + \frac{1}{6} \times m_{st} + \frac{1}{6} \times m_{pt}$$

$$m_p = \frac{1}{6} \times 320 + \frac{1}{6} \times 300 + \frac{1}{6} \times 169 = 131,5\text{ kg} \quad (4.8)$$

Přídavná síla odpovídající vlivu zatížení do spodní podpěry nohy

$$F_n = m_p \times g = 131,5 \times 9,81 = 1290,02N \quad (4.9)$$

Celková síla do spodní podpěry nohy

$$F_{cn} = F_n + F_1 = 1290,02 + 112\,220,83 = 113\,510,85N \quad (4.10)$$

Toto zadání odpovídá zadání do systému pro analýzu v programu. Velikost zatížení do spodní podpěry nohy odpovídá F_{cn} .

Výsledky analýzy:

Tabulka 4.5 Výsledky analýzy nohy

Název	Minimum	Maximum
Ekvivalentní napětí	0,028 MPa	257,5 MPa
Deformace	0 mm	5,459 mm

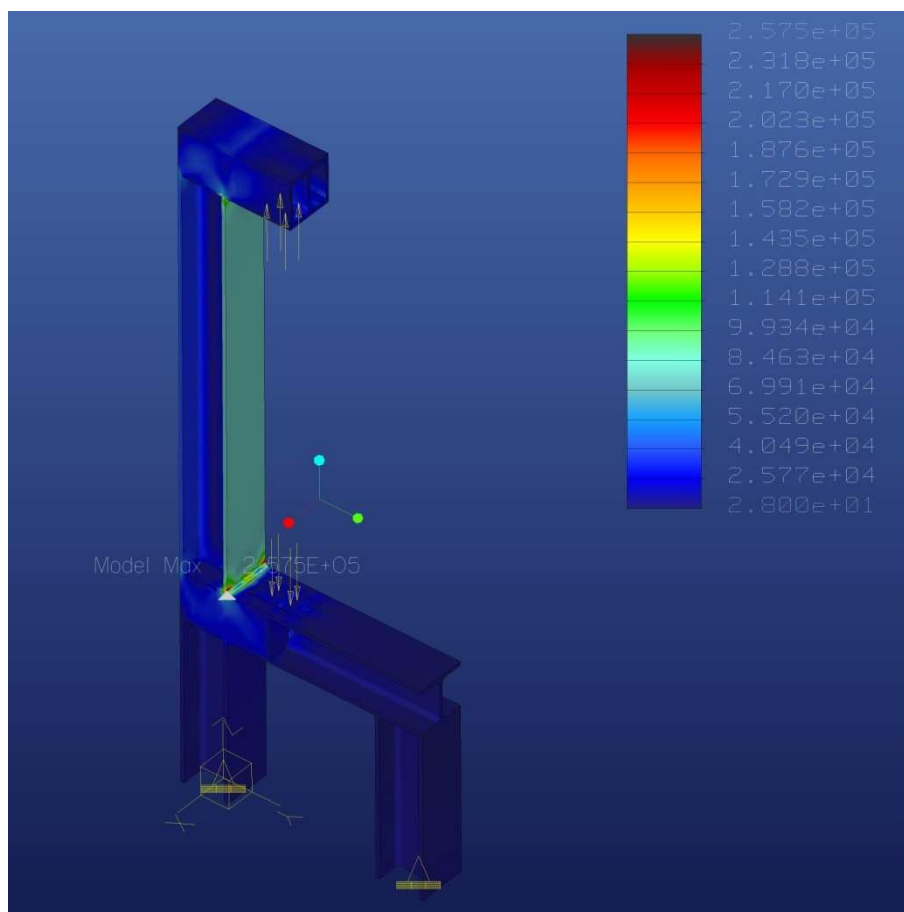
Vzhledem k výsledkům je nutné volit jakostnější materiál, oproti původnímu předpokládanému materiálu běžné jakosti (mat. 11 373). Volíme tedy materiál 11 523. Výsledky pevnostně-deformační analýzy jsou na obrázcích 4.8 až 4.11.

Tabulka 4.6 Mechanické vlastnosti oceli 11 523 převzato z [5]

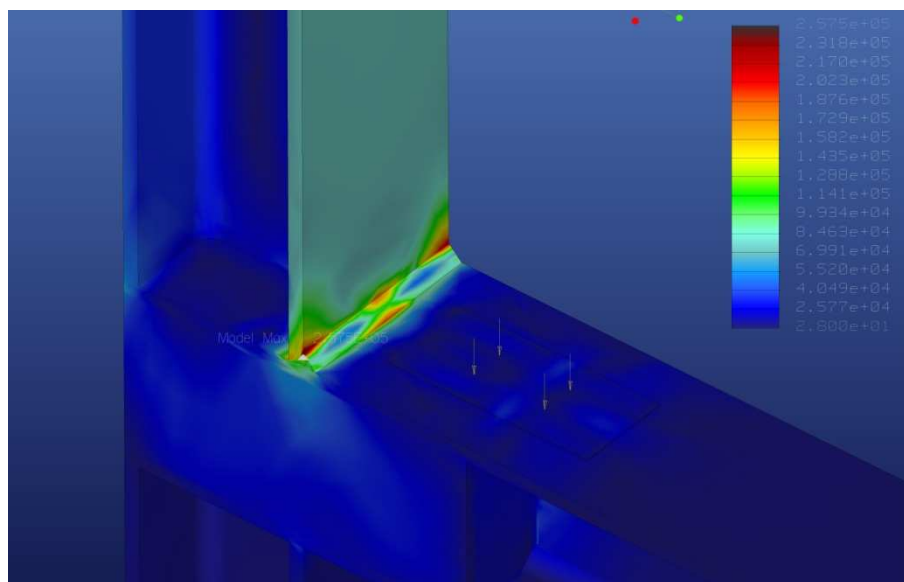
Mez kluzu [MPa] R_e	Mez pevnosti [MPa] R_m
355	490

Koeficient statické bezpečnosti na mezi kluzu v místě statické bezpečnosti:

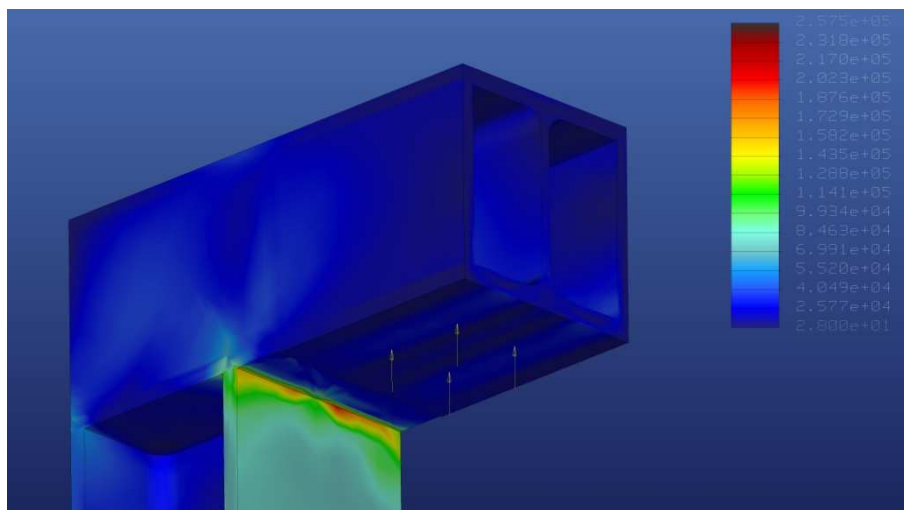
$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{ekv\,max}} = \frac{355}{258} = 1,38 \quad (4.11)$$



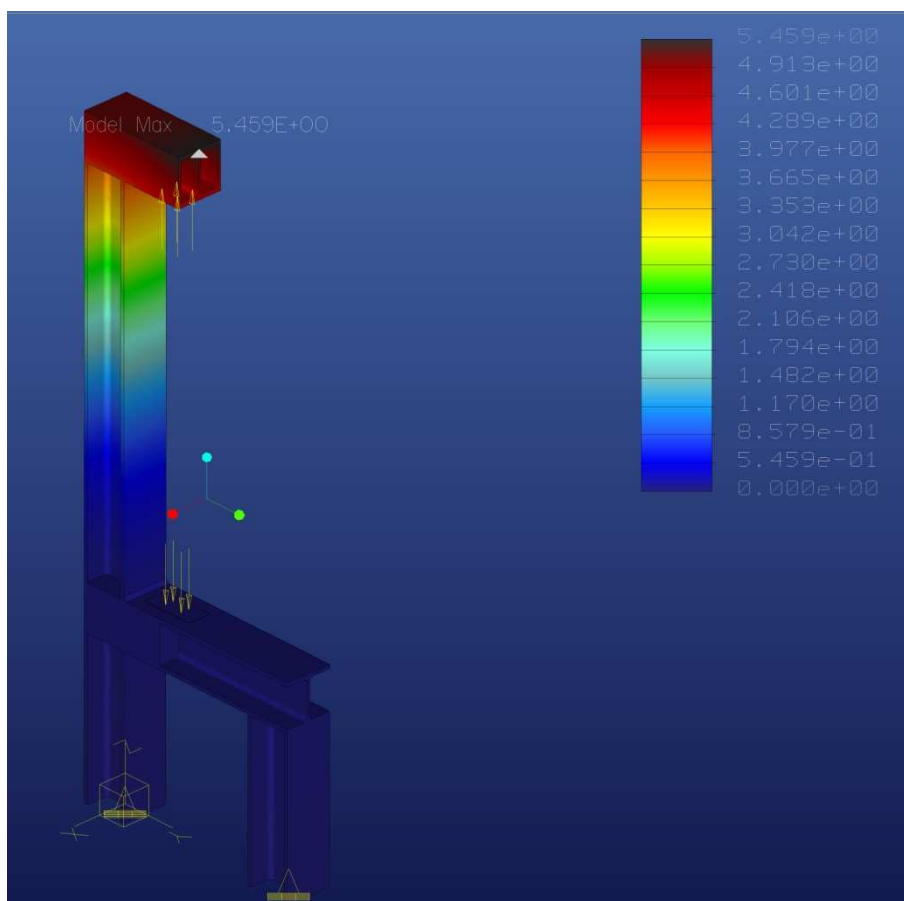
Obr. 4.8 Ekvivalentní napětí



Obr. 4.9 Detail rozložení ekvivalentního napětí prvního nejkritičtějšího místa



Obr. 4.10 Detail rozložení ekvivalentního napětí druhého nejkritičtějšího místa



Obr. 4.11 Deformace

Stanovisko k výsledkům analýzy č.1:

Analýzou jsem dospěl k závěru, že nejkritičtější místo na konstrukci nohy je v místě spoje vnitřní strany nohy, a to zejména ve spodní části. Statická bezpečnost k mezi kluzu v nejkritičtějším místě je vypočítána na 1,38.

Následnou analýzou budu zjišťovat, zda opatření plechem na bočních stranách nohy dojde k výraznému zvýšení bezpečnosti. Nutno podotknout, že z důvodu zasouvání spodního nosníku nelze zesílení zasahovat příliš nad kritický spoj.

Výsledky analýzy nohy optřené bočními plechy:

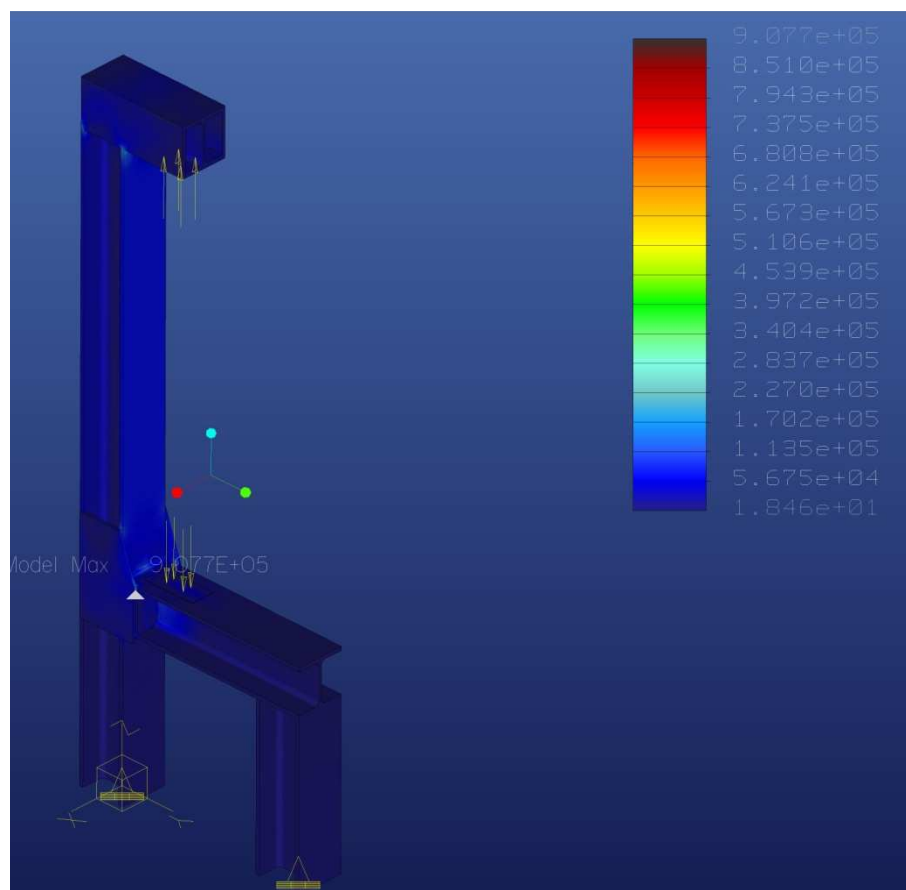
Výsledky pevnostně-deformační analýzy nohy s bočními plechy jsou na obrázcích 4.12 až 4.14.

Tabulka 4.7 Výsledky analýzy nohy

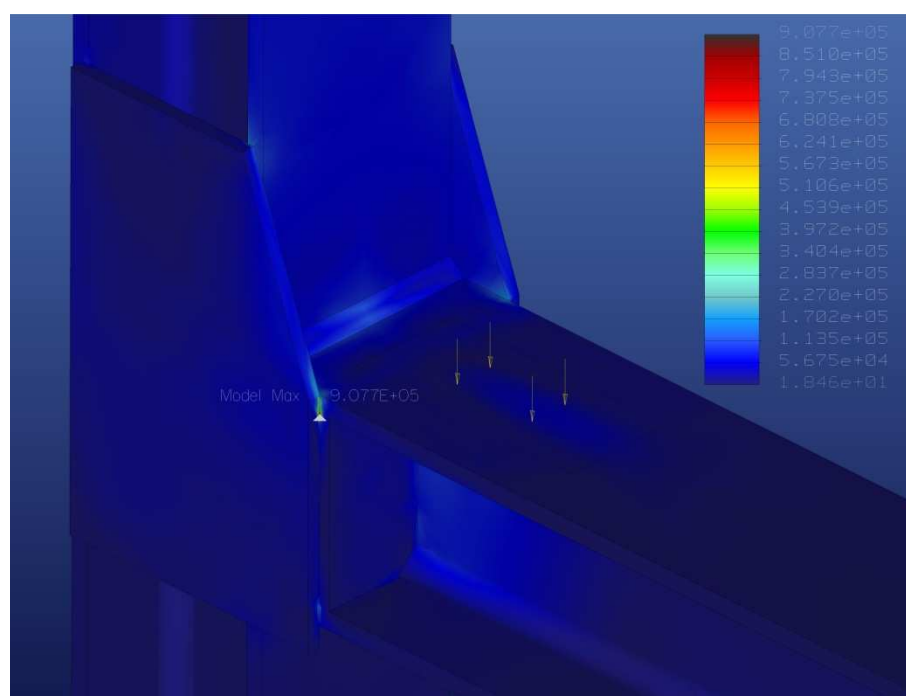
Název	Minimum	Maximum
Ekvivalentní napětí	0,018 MPa	907,7 MPa
Deformace	0 mm	4,644 mm

Koeficient statické bezpečnosti k mezi kluzu v místě maximálního ekvivalentního napětí:

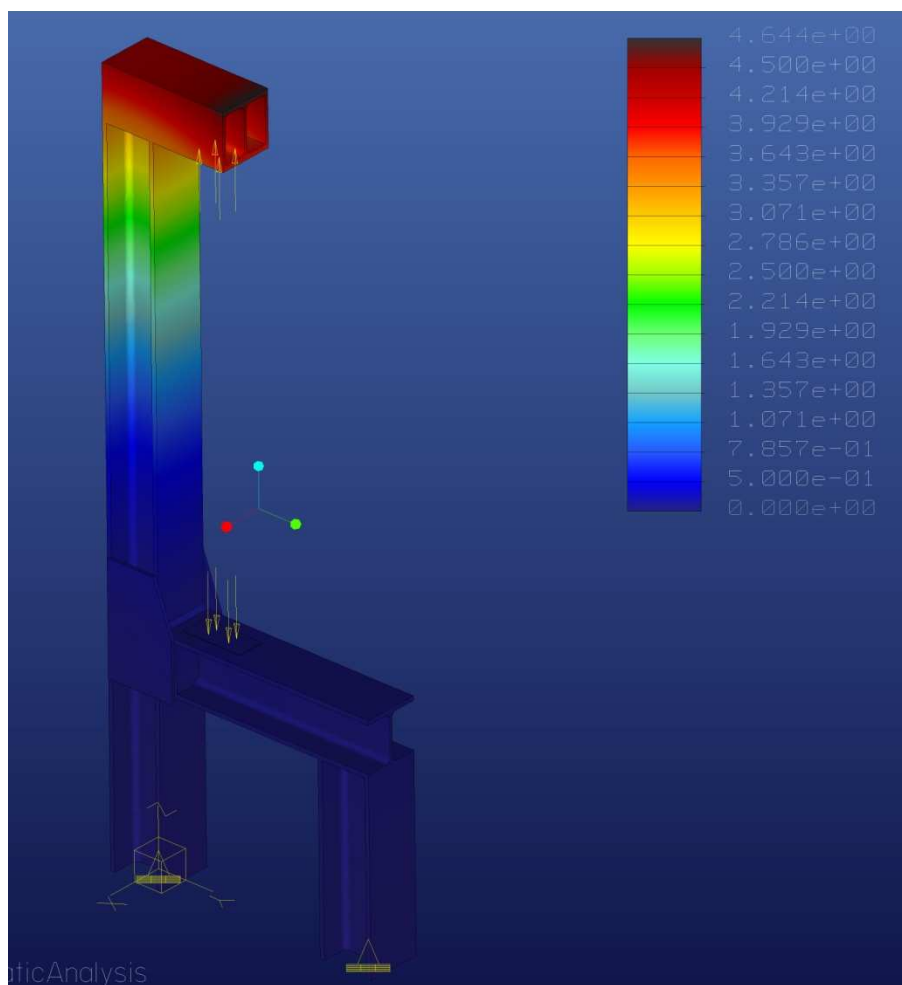
$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{ekv\ max}} = \frac{355}{907,7} = 0,39 \quad (4.12)$$



Obr. 4.12 Ekvivalentní napětí



Obr. 4.13 Detail nejkritičtějšího místa ekvivalentního napětí nohy opatřené
bočními plechy



Obr. 4.14 Deformace nohy opatřené bočními plechy

Stanovisko k výsledkům analýzy č.2:

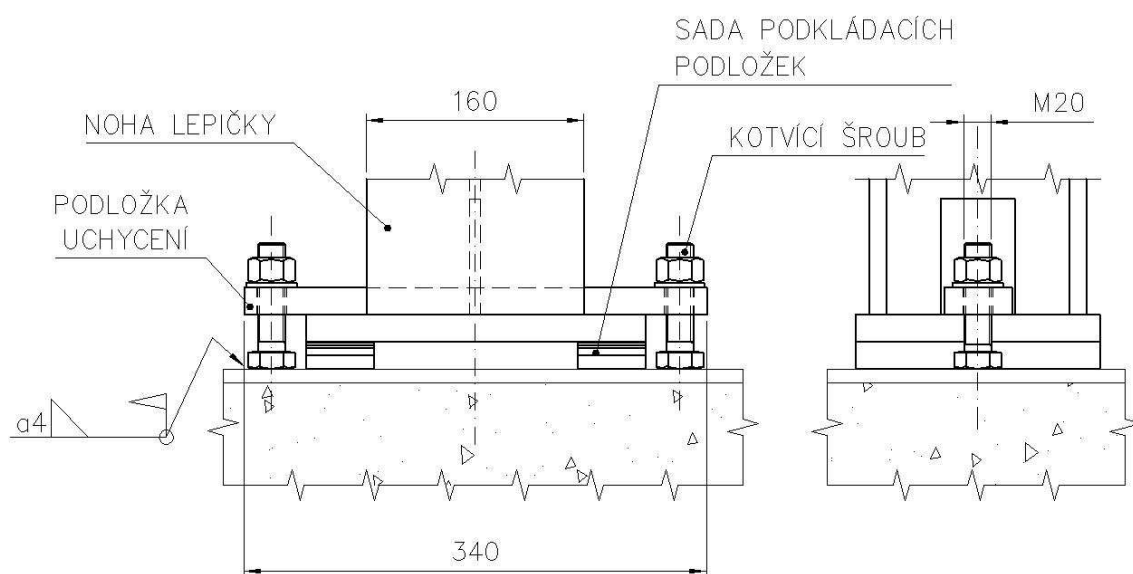
Z výsledků je patrné, že se napětí koncentruje u spoje mezi nohou a bočním plechem a je překvapivě velmi vysoké - z hlediska bezpečnosti zcela nevyhovující. Kvůli eliminaci možné nahodilé chyby byl opakovaně proveden přepočít se stejnými výsledky. Po úpravě tvaru plechu zesílením byly zjištěny podobné výsledky.

Závěr k výsledkům obou analýz:

Jelikož se prokázalo, že plechy po bocích nohy konstrukci zeslabuje a bezpečnost nohy je nevyhovující, je nutné se vrátit k řešení nohy bez tohoto opatření. Nemělo totiž požadovaný účinek.

Kotvení noh:

Řešení kotvení je znázorněno na obrázku 4.15. Stávající podlaha je opatřena ocelovými pásnicemi zalitými v betonu, proto jsem zvolil konstrukčně jednodušší způsob kotvení k přivařeným šroubům. Kotvení je snadno demontovatelné a odpadá nutnost odvrátání děr pro kotvení stroje. Jelikož tlaková síla lisu působí kolmo k podložce a další vlivy vyvolující posunutí stroje můžeme vyloučit, není nutné navrhovat konstrukčně pevnější kotvení.



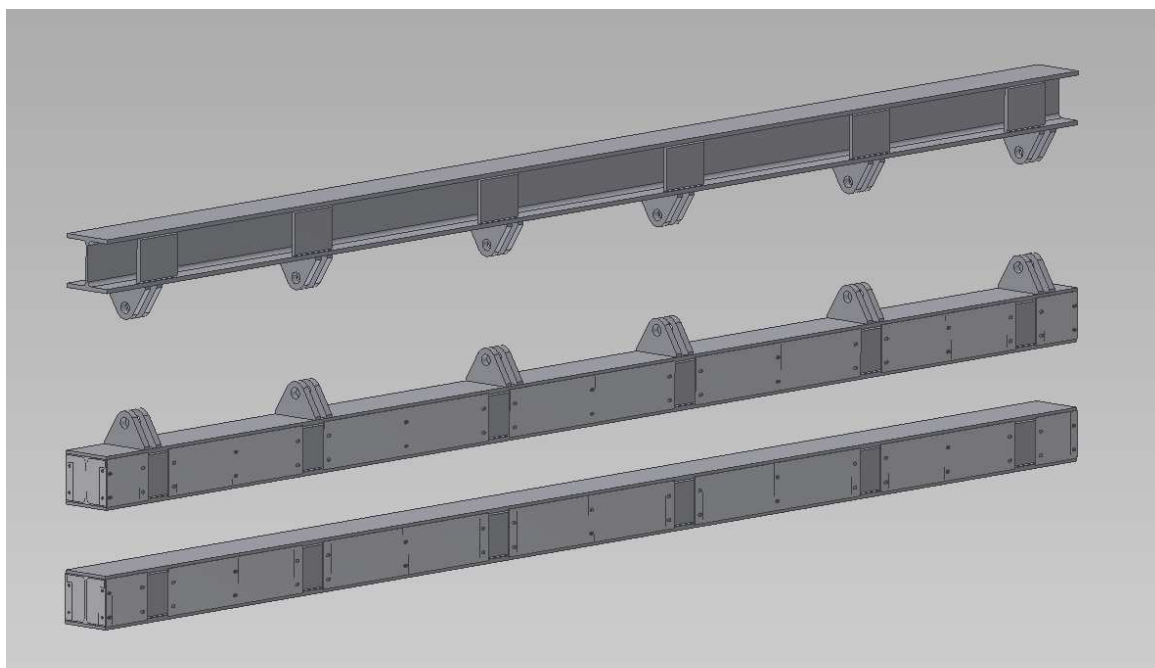
Obr. 4.15 Způsob kotvení

Profil nohy je na několika místech vyztužen, a to zejména v oblasti spojů. Tyto výztuhy byly přidány z důvodu větší bezpečnosti stroje. Zvyšují tuhost a zabráňují tak nežádoucímu přílišnému ohybu, který by mohl způsobit lom zejména v oblasti odvrtných otvorů.

4.4.2 Nosníky

Na konstrukci stroje nalezneme tři nosníky. První nosník, nazývejme jej horní, je šrouby shora spojen s nohama stroje a tvoří tak pevný celek. Na něm je pomocí hydraulických válců zavěšen střední nosník, ten plní funkci přítlačného prvku. A poslední, nejspodnější nosník je položen na stoličce noh a připevněn k vodorovným válcům, aby byl možný posuv nosníku po stoličce.

Konstrukčně vychází všechny nosníky ze stejného základu, tj. profilu HEB180. Jsou vyrobeny z konstrukční oceli běžné jakosti, není požadována zvláštní přesnost vývalku tyče. Vyhřívané nosníky se po svařování nechají vyžít pro odstranění vnitřního pnutí. Děje se tak proto, abychom zamezili deformaci tyče po jejím zahřátí.



Obr. 4.16 Nosníky lepičky, řazené shora: horní, střední a spodní

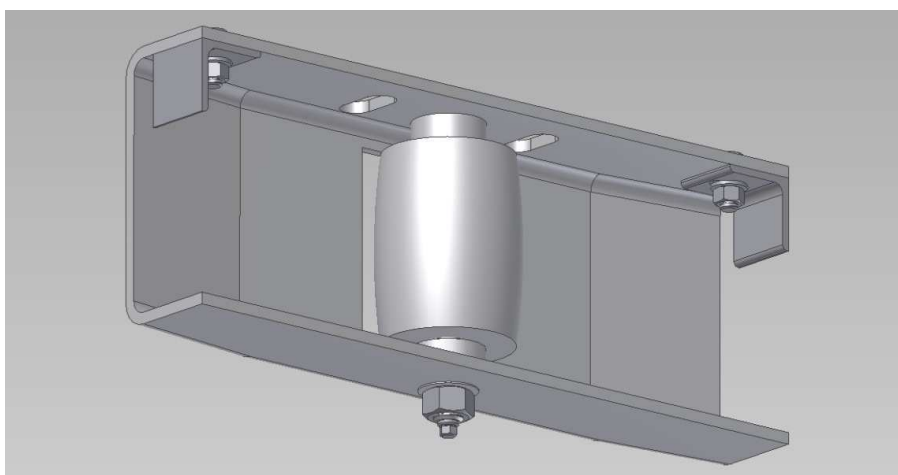
Funkční tyče jsou shodné délky. Tyče jsou namáhány tlakem po celé délce. Síla se přenáší do stojiny tyče. Pro zvýšení tuhosti nosníků je v pravidelných odstupech, v ose noh, vložen do nosníků výztužný prvek. Tento prvek je utvořen z tyče stejného profilu, jeho přepůlením a přivařením k nosníku. Stejně výztuhy se objevují i u horního nosníku, který je kratší. Jeho délka přesahující okraj první a poslední nohy je zbytečná a zvyšovala by jen hmotnost stroje.

Střední i spodní nosník je opatřen kryty, a to ze všech čtyř stran. Tyto jsou na nosníku přichyceny šrouby, kvůli snadné demontáži. Chrání topné tyče a jejich kabeláž. Jsou nutné i z důvodu montáže topných tyčí a jejich kontroly.

4.4.3 Vedení funkčních nosníků

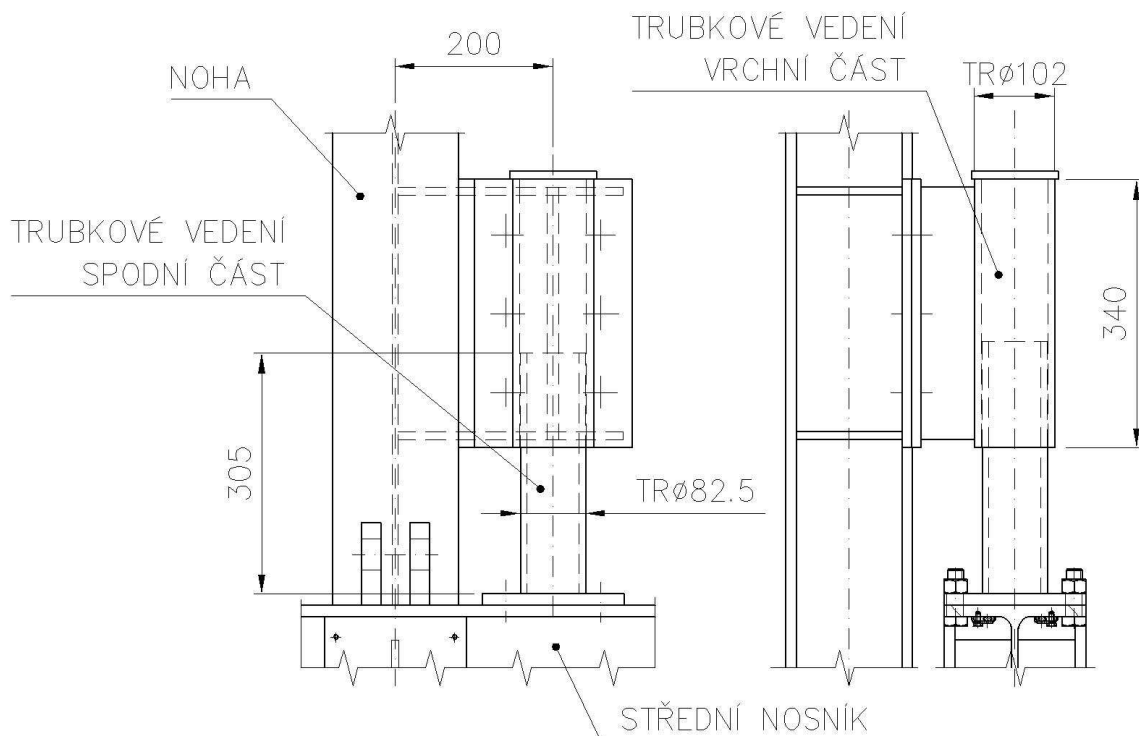
Nosníky při jejich pohybu, tzn. sunutí spodního nosníku a zdvih středního nosníku, je nutno vést tak, aby nedocházelo k odklonu od požadovaného směru pohybu, což může mít za následek porušení těsnění pístní tyče, v krajním případě i její ohyb. Veškerou nerovnoměrnost chodu nosníků je tedy nutno zachytit již před vlastním namáháním pístnic, lépe řečeno celých válců.

Spodní nosník je veden pomocí válečkových vodítek (obr. 4.17). Ta jsou připevněna šrouby ke spodní pásnici nosníku tak, aby odvalováním válečku vedla nosník v ose nohy. Při zahřátí se nosník prodlouží o cca 12mm (mezi vodítky je to cca 9mm), rozměr mezi válečky tak naroste, není tedy zaručen dotyk válečku a nohy. Nosníkem je, nejen z tohoto důvodu, do ochladnutí zakázáno pohybovat.



Obr. 4.17 Vodítko pro vedení spodního nosníku

Střední nosník je veden tzv. trubkovým vedením (obr. 4.18). Jde prakticky o pohyb trubky v otvoru pevné trubky. Spodní část vedení je připevněna k střednímu nosníku a je tedy společně s ním pohyblivá. Vrchní část je pevná a je přišroubována k noze lepičky. Rozhodující je vůle mezi trubkami, ty jsou tolerovány tak, aby i při dilataci tyče nedocházelo k přičení. (Připomeňme ale, že tyč chladne zásadně stlačená). Dilatace tyče se nejvíce projeví na jejích koncích, proto je trubkové vedení připevněno u noh, které tvoří střed lisu. Nebude tak nutno veliké vůle mezi trubkami.



Obr. 4.18 Trubkové vedení středního nosníku

4.4.4 Závěsná oka hydraulických válců

Hydraulické válce jsou s konstrukcí stroje (konkrétně středním přitlačným nosníkem a horním nosníkem) spojeny pomocí závěsných ok tloušťky 25mm. Tyto oka přímo přenášejí sílu vyvolanou účinkem tlakové kapaliny ve válci na konstrukci stroje. Oka zde nejsou primárně namáhána tahem, čili zde nefigurují jako oka závěsná, nýbrž jsou namáhána tlakem, silou působící dovnitř oka. V tabulce 4.8 jsou uvedeny parametry závěsného oka.

Tabulka 4.8 Parametry závěsného oka:

Tloušťka plechu t_{pl} [mm]	Zatěžující síla na jedno oko $F_1/2$ [N]	Velikost základny oka h [mm]	Průměr otvoru d_{ot} [mm]
25	57 351	180	40
Výška k otvoru- horní oko b_1 [mm]	Výška k otvoru- spodní oko b_2 [mm]	Materiál oka	Mez kluzu materiálu R_e [MPa]
65	80	Ocel 11 373 (Dle ČSN 41 13 73)	225

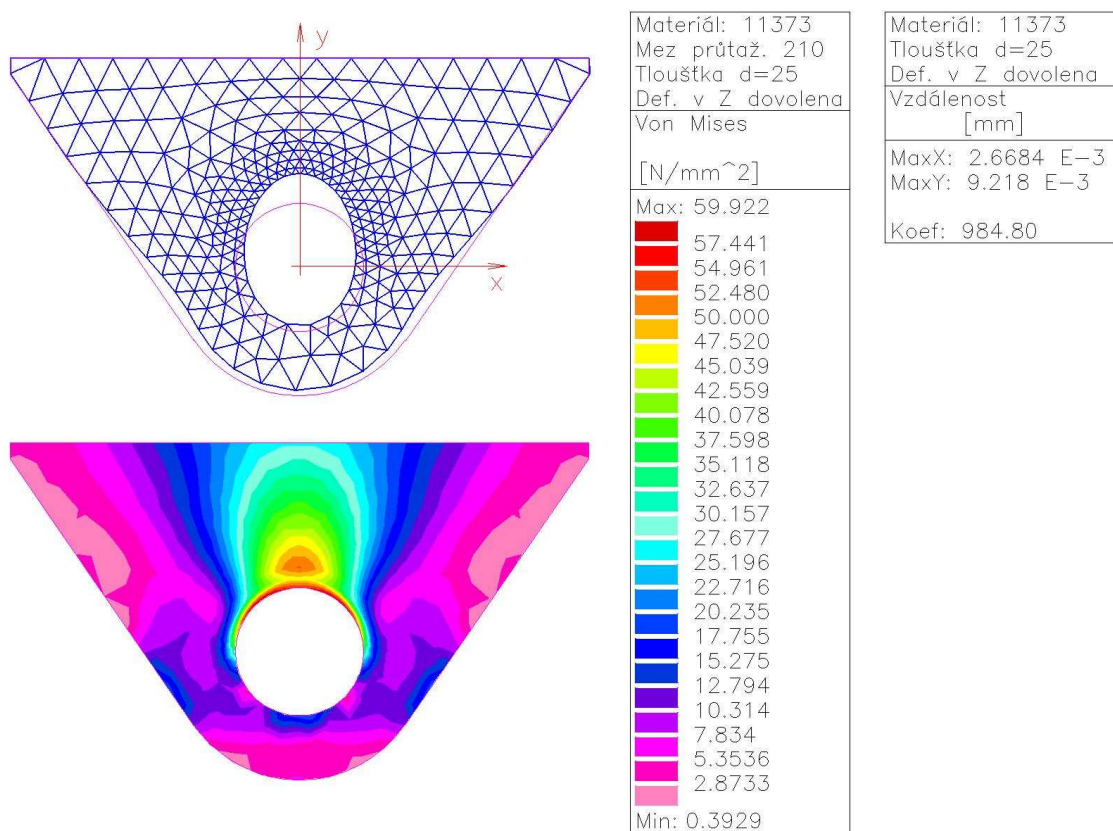
Pevnostní kontrola závěsných ok metodou konečných prvků:

Vzhledem k tvarové složitosti závěsného oka provedu pevnostní kontrolu metodou konečných prvků v AutoCAD ® Mechanical 2008. Touto metodou chci zjistit velikost a umístění maximálního napětí a deformace, tyto hodnoty pak porovnat s dovolenými hodnotami.

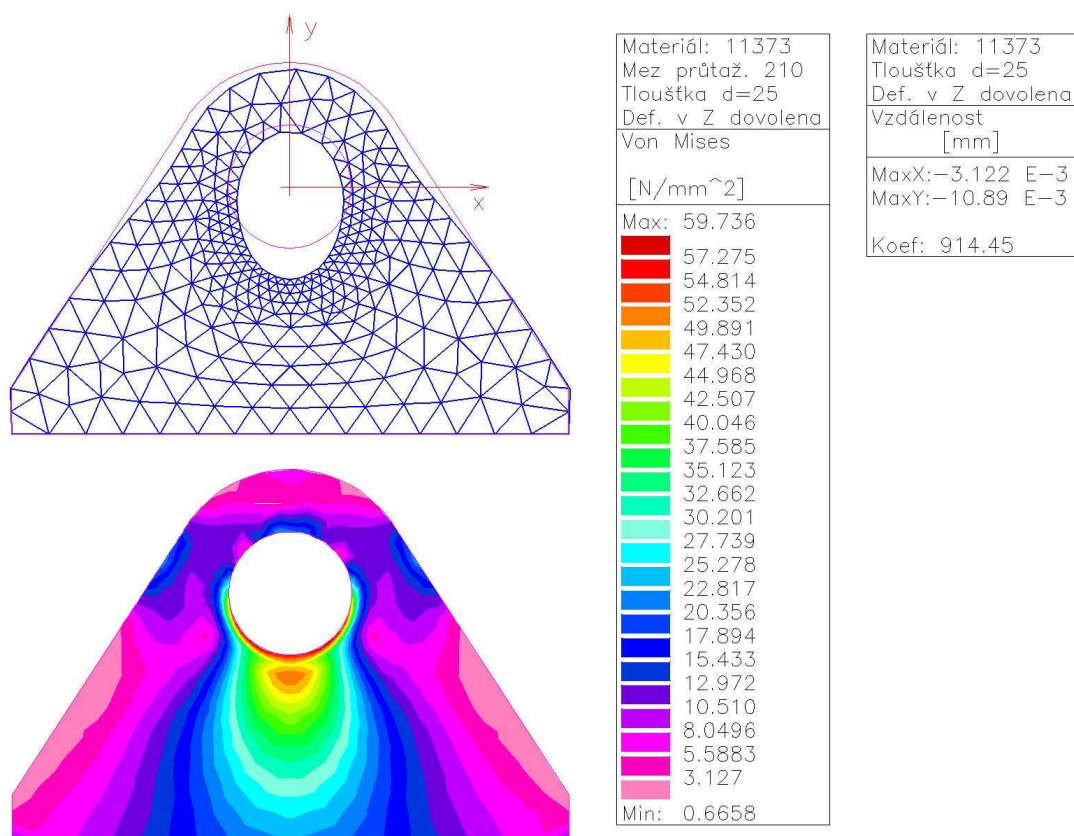
Materiál třmenu:

Třmen bude vyroben z konstrukční oceli 11 373.0, mechanické vlastnosti materiálu jsou uvedeny v tabulce 4.9 (převzato z [4]). Na tuto analýzu se vztahují stejné předpoklady chování jako pro analýzu nohy:

- nezávislost na teplotě u všech vlastností (konstantní chování)
- v rámci objemu součásti se vlastnosti nemění (homogenita)
- deformace je přímo úměrná napětí
- ve všech směrech jsou vlastnosti identické (izotropní chování)



Obr. 4.19 Rozložení napětí a deformace v horním oku



Obr. 4.20 Rozložení napětí a deformace ve spodním oku

Výsledky analýzy:

Z obrázků 4.19 a 4.20 je patrné, že k maximální deformaci i maximálnímu napětí dochází v materiálu blízko otvoru v místě styku s čepem, který je tlačенý na jeho povrch. Výsledky horního a spodního oka se minimálně liší a hodnota maximálního napětí ani v jednom případě nepřesáhne 60 MPa. Výsledné největší deformace se pohybují těsně okolo setiny milimetru.

Kontrola závěsného oka na otláčení:

$$p_{ok} = \frac{\frac{F_1}{2}}{S_{ok}} = \frac{\frac{F_1}{2}}{a \times d_1} = \frac{\frac{112\,220,83}{2}}{25 \times 40} = 56,11 \text{ MPa} \quad (4.13)$$

Tabulka 4.9 Mechanické vlastnosti oceli 11 373 převzato z [4] a [8]

Mez kluzu [MPa] R_e	Mez pevnosti [MPa] R_m	Dovolené statické napětí v tlaku [MPa] σ_{dovD}	Dovolený tlak [MPa] p_D
186 až 250	330 až 440	100 až 150	60 až 80

Výsledek výpočtu:

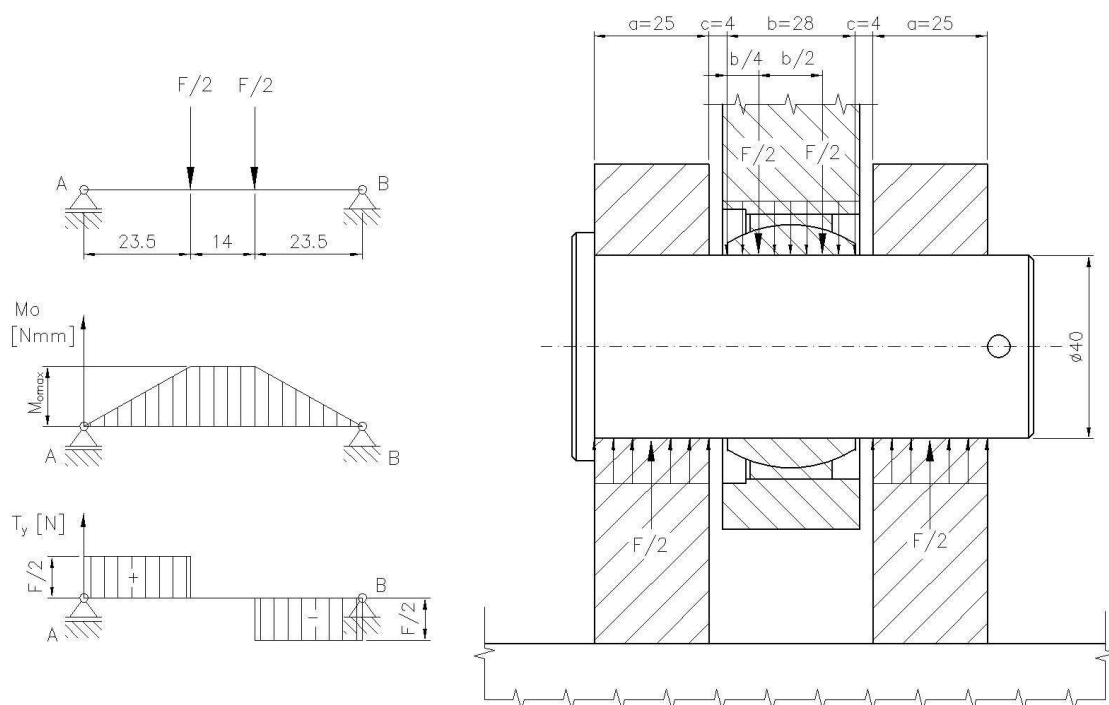
Jelikož je splněna podmínka $p_{ok} < p_D$, jsou oka dimenzována dostatečně.

4.4.5 Čep uchycení válců

Čepy uchycení vertikálních hydraulických válců jsou vyrobeny z materiálu 11 700 dle ČSN 41 1700, jejich průměr je přizpůsoben oku hydraulického válce a je 40mm. Čepy jsou zajištěny závlačkou. Čepy horizontálních válců jsou pro průměr oka 30mm. Působí na ně jen síla potřebná pro překonání odporu v sunutí pěchovací tyče a spodního nosníku. Jsou vyrobeny z oceli 11 373. Čep vertikálních válců budeme kontrolovat v ohybu, tlaku i smyku.

Tabulka 4.10 Mechanické vlastnosti oceli 11 700 převzato z [4] a [8]

Mez kluzu [MPa] R_e	Mez pevnosti [MPa] R_m	Dovolené statické napětí v ohybu [MPa] σ_{os}	Dovolený tlak [MPa] p_D	Dovolené statické napětí ve smyku [MPa] τ_D
345 až 390	685 až 835	230 až 345	150	125 až 190



Obr. 4.21 Průběhy ohybového momentu a posouvající síly v uložení čepu

Pevnostní kontrola čepu pro vertikální válce: vzorce převzaty z [3] a [8]

Kontrola na otlačení:

$$p_{\check{c}} = \frac{F_1}{S} = \frac{F_1}{b \times d_{\check{c}1}} = \frac{112\,220,83}{28 \times 40} = 100,97 \text{ MPa} \quad (4.14)$$

Maximální ohybový moment:

$$M_{omax} = \frac{F_1}{2} \times \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{4} + c \right) =$$

$$\frac{112\,220,83}{2} \times \left(\frac{25}{2} + \frac{28}{4} + 4 \right) = 1318594,75 \text{ Nmm} \quad (4.15)$$

Modul průřezu v ohybu:

$$W_o = \frac{\pi \times d_{\check{c}1}^3}{32} = \frac{\pi \times 40^3}{32} = 6283,18 \text{ mm}^3 \quad (4.16)$$

Kontrola pevnosti v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{1318594,75}{6283,18} = 209,86 \text{ MPa} \quad (4.17)$$

Kontrola pevnosti ve smyku:

$$\tau_s = \frac{2 \times F_1}{\pi \times d_{\check{c}1}^2} = \frac{2 \times 112\,220,83}{\pi \times 40^2} = 44,65 \text{ MPa} \quad (4.18)$$

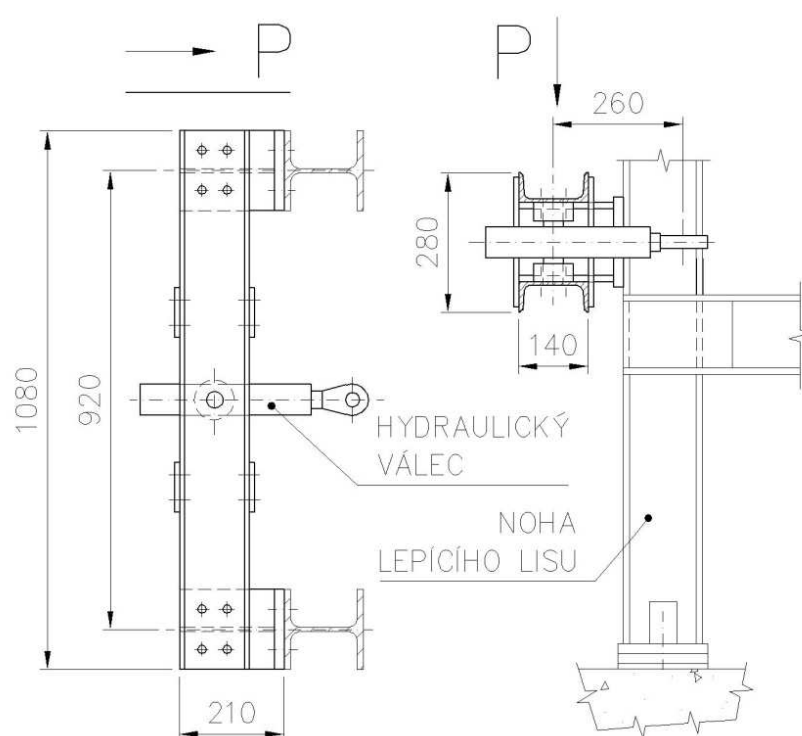
Výsledek výpočtu:

Protože je splněn podmínka $p_{\check{c}} < p_D$, čep z hlediska otlačení vyhovuje. Z hlediska ohybu a smyku jsou rovněž splněny podmínky $\sigma_o < \sigma_{os}$, $\tau_s < \tau_D$

4.4.6 Příslušenství konstrukce

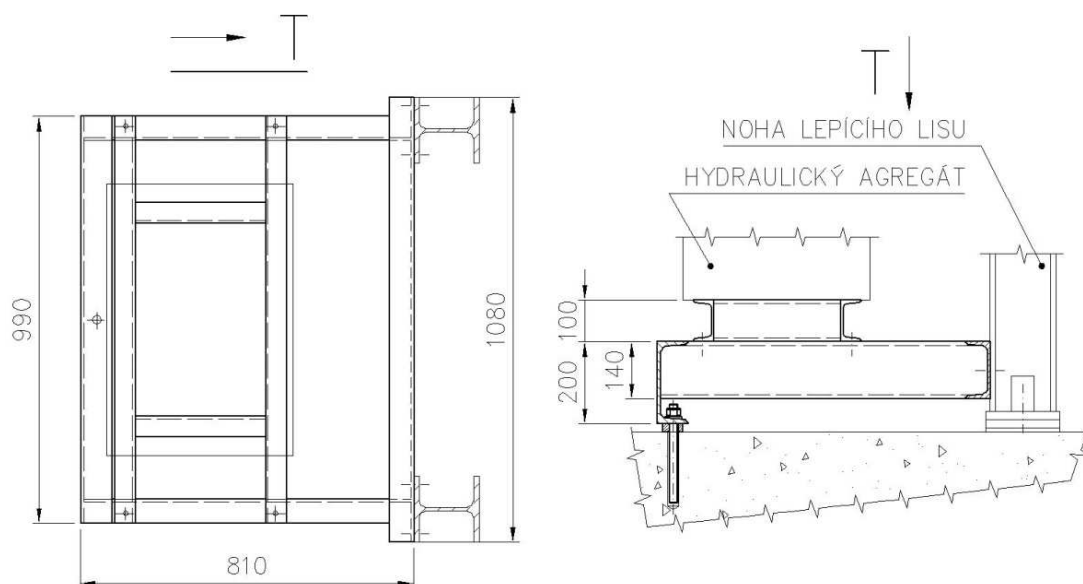
Na konstrukci lisu rovněž patří prvky pro uložení horizontálních hydraulických válců a také stojan pro uložení hydraulického agregátu.

Horizontální válce jsou uloženy v šroubované konstrukci složené z „U“ profilů. Válec se vkládá čepy do otvorů mezi dva nosníky. Jeho uložení je kyvné. Rám horizontálních hydraulických válců je znázorněn na Obr. 4.22.



Obr. 4.22 Rám horizontálních hydraulických válců

Stojan pro hydraulický agregát je rovněž zhotoven z „U“ profilů. Požadavek provozu byl, aby se nacházel na konstrukci stroje. Je tedy přichycen ke konstrukci šrouby a kotven do základu šroubem HILTI. V nosnících jsou připraveny otvory pro uchycení skříně s agregátem. Rám hydraulického agregátu je znázorněn na Obr. 4.23.

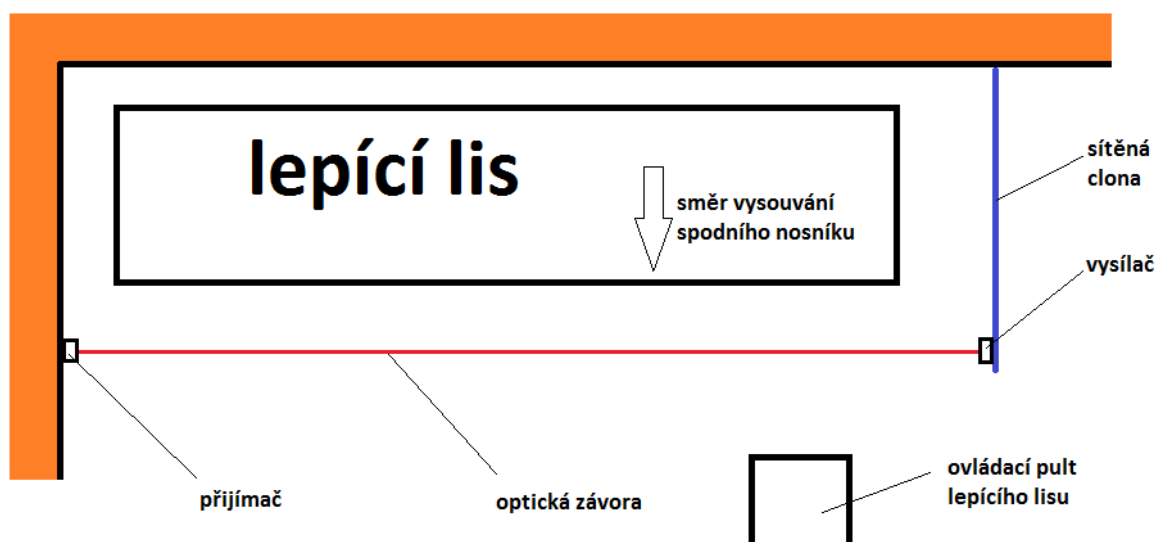


Obr. 4.23 Rám hydraulického agregátu

5. Bezpečnost a ekologie

Lepicí lis je pohyblivé zařízení, jež vyvolává přítlačnou sílu a současně pracuje s vývinem vyšších teplot. Jelikož je zde riziko stlačení částí lidského těla, např. ruky, je nutno provést opatření, abychom se těchto nepříjemností vyvarovali.

Do prostoru bezprostředně kolem lisu je po dobu jeho provozu (stlačování, lepení) vstup zakázán. Na obr 5.1 je schematicky znázorněn půdorys lepicího lisu a je umístěn v pracovním prostoru. Ze dvou stran je prostor kolem stroje chráněn zdmi. Zprava tvoří zábranu sítěná clona podobná oplocení. Stojan clony je opatřen optickou závorou – vysílačem. Zeď naproti je opatřena přijímačem. Detekovaný pohyb je zaznamenán závorou, která vypne posuv.



Obr. 5.1 Umístění lisu s bezpečnostními prvky v pracovním prostoru

Sítěná clona bude opatřena bezpečnostní tabulkou – Zákaz vstupu za provozu stroje, nebezpečí popálení.

Při procesu lepení se do ovzduší dostávají zplodiny, které je nutno z prostoru lepení odsávat. Nad lisem po celé jeho délce jsou umístěny sběrače zplodin - digestoře. Odtah zplodin vede k filtrům, které zbavují vzdušinu nečistot.

6. Závěr

Konstrukce lepícího lisu je navržena dle původního vzoru, který byl osvědčený dlouholetým používáním, a proto bylo i žádostí odběratele, aby konstrukce zůstala dle původního vzoru.

V úvodu mé bakalářské práce jsem provedl seznámení s provozem koksovny, abychom tak lépe porozuměli dané problematice a snadněji pochopili význam lepení třecího obložení pěstovacích tyčí, které se provádí na lepícím lisu. Provedl jsem výpočet potřebného tlaku a navrhl dle vzoru hydraulické válce pro přítlak i posuv. Navrženou konstrukci lisu jsem podrobil výpočtům vytipovaných částí a uzlů, které sejevily jako nejkritičtější místa, až jsem došel k závěru, že lis je schopen práce lisování v zadaných parametrech.

Výsledkem mé práce je tedy návrh lisu, pevnostní kontrola konstrukce a sestavný výkres.

Dá se spekulovat o tom, zda je zhotovení konstrukce dle stávajícího vzoru nejšťastnější volbou. Kritické místo konstrukce se nedá téměř vůbec kvůli kolizím kvalitně zesílit, a tak by bylo nasnadě navrhnout lis s novou konstrukcí. Mohli bychom se vyhnout komplikacím s tímto místem.

7. Použitá literatura

- [1] Píša, M.: Výroba koksu. Praha: SNTL, 1978.
- [2] Ziegler, J., Helebrant, F., Marasová, D.: Technická diagnostika a spolehlivost
Díl 1. Tribodiagnostika. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2004.
- [3] Němeček, M.: Řešené příklady z částí a mechanismů strojů, spoje. Ostrava:
VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2002.
- [4] Leinveber, J., Vávra, P.: Strojnické tabulky. Úvaly: Albra, 2005.
- [5] Kříž, R., Trčka, J.: Tabulky materiálů pro strojírenství I. Ostrava:
Montanex, 1999
- [6] KOMA-Servis, s.r.o., Ostrava - Vítkovice – firemní literatura.
- [7] <http://www.backer-elektro.cz/>
- [8] Dejl, Z.: Konstrukce strojů a zařízení 1, spojovací části strojů. Ostrava:
Montanex, 2000

8. Seznam příloh

Příloha č.1 – Lepící lis pěchovacích tyčí, BC-0-0001-10, výkres sestavy

Příloha č.2 – Lepící lis pěchovacích tyčí, K.BC-0-0001-10, seznam položek